STANFORD UNIVERSITY LIBRARY
1930
Lane Medical Library

Untersuchungen über die Sterilisation von Trinkwasser nach dem Verfahren von Bunau-Varilla

Tübingen

VON

DR. ADOLF KLEIN

Aus dem Hygienischen Institut der Universität Tübingen
Vorstand: Professor Dr. Kurt Wolf

Untersuchungen über die Sterilisation von Trinkwasser nach dem Verfahren von Bunau-Varilla

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde
der Medizin, Chirurgie und Geburtshilfe
einer
Hohen medizinischen Fakultät
der
Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

Vorgelegt von
ADOLF KLEIN
aus Mariental a. Wolga

Tübingen 1929

Druck von Otto Bechtle G. m. b. H., Eßlingen am Neckar

Referent: Professor Dr. Wolf
Dekan: Professor Dr. Peckert

Zum Druck genehmigt von der medizinischen Fakultät

Meinen lieben Eltern

Schon in der vorbakteriologischen Zeit machte man häufig mit Sicherheit die Beobachtung, daß das Wasser auch schädigend auf die menschliche Gesundheit wirken könne und im Volke glaubte man allgemein, daß schwere Epidemien auf »Brunnenvergiftungen« zurückzuführen seien. Heute haben sich die Anschauungen geklärt. Seitdem man erkannte, daß die Erreger einiger Infektionskrankheiten, insbesondere von Typhus und Cholera, vielfach durch das Wasser verbreitet werden können, stellte die Hygiene an das Trinkwasser bestimmte Anforderungen, unter denen mit an erster Stelle die steht, daß der Bevölkerung ein von Krankheitserregern freies Wasser zur Verfügung gestellt werden muß.

Dieser Forderung der Hygiene konnte am besten durch einwandfreies Quell- oder Grundwasser entsprochen werden. Mit der Zunahme der Dichte der Bevölkerung trat aber die Notwendigkeit ein, häufig auch weniger reines Wasser, sog. Oberflächenwasser, wie Flußwasser, in Anspruch zu nehmen, um die rasch anwachsenden Städte einigermaßen ausreichend versorgen zu können.

Auch im Krieg, auf Forschungsreisen usw. war es notwendig, solches Oberflächenwasser vor allem in mikrobiologischer Beziehung einwandfrei zu gestalten.

Um dieses Ziel zu erreichen, wurden viele Versuche gemacht und als deren Ergebnis viele Methoden der Trinkwassersterilisierung veröffentlicht. Man war dabei immer bestrebt, Verfahren auszuarbeiten, die allen hygienischen Anforderungen entsprachen und zugleich möglichst billig und rationell arbeiteten.

Dieser Aufgabe konnte man auf physikalischem und chemischem Wege gerecht werden. Beide wurden beschritten sowohl bei der Trinkwassersterilisation im kleinen, wie bei der im großen. So wird bei kleinen Mengen Wassers das Abkochen empfohlen, oder das Filtrieren durch Filterkerzen, oder aber die Desinfektion mit Chlor, z. B. Chloramin Heyden usw. Da es oft wünschenswert ist, bereits filtriertes Wasser nochmals zu filtrieren, kommen die Kleinfilter zur Verwendung. Unter ihnen liefern — wenn sie richtig be-

handelt werden — der Pasteur-Chamberland'sche Tonfilter und die Berkefeld'schen Kieselgurfilter ein sicher bakterienfreies Filtrat.

Die Urteile über die Wirkung der Kleinfilter lauten meist ungünstig. Werden sie nicht häufig gereinigt, so entwickeln sie sich leicht zu Brutstätten von Mikroben und wirken daher eher nachteilig als günstig. Versuche mit Kleinfiltern haben ergeben, daß durch sie auf die Dauer kein keimdichtes Filtrieren gewährleistet wird. Man kann daher in praxi nur soviel sagen, daß die Filter wenigstens für den Anfang ein keimfreies, klares und helles Filtrat liefern.

Oben genannte Methoden — abgesehen natürlich vom Abkochen — können aber auch im großen zur Sterilisierung des Wassers sowie der Wasseranlagen ganzer Städte verwendet werden.

Die seit längerer Zeit geübte, sich gut bewährende und in Deutschland üblichste Methode der Entkeimung des Wassers ist die Filtration im großen durch Sandfilter und zwar die langsame Sandfiltration.

Seit ihrer ersten Anwendung, d. h. seit mehr als 80 Jahren, hat die langsame Sandfiltration in Deutschland unumschränkt das Gebiet der Filtration beherrscht. Und das mit Recht! Denn es gelang ihr, ein völlig brauchbares, sogar ein recht gutes Wasser zu liefern.

Wo die Sedimentierung nicht ausreicht, da richtet man mit Erfolg eine Vorfiltration ein. Die in Mitteleuropa üblichen Vorfilter sind die mit größerer Schnelligkeit arbeitenden Grobfilter. Sie sind den Feinsandfiltern ähnlich konstruiert.

Diese Methode der Sandfiltration hat auch ihre Nachteile. Die Filteranlagen nehmen eine zu große Fläche ein, arbeiten viel zu langsam und sind vor allem sehr kostspielig zu unterhalten.

Außer den physikalischen Mitteln kommen auch noch chemische zur Anwendung.

Zu den chemischen gehört das seit 1840 bekannte Ozon und das Chlor.

Es unterliegt keinem Zweifel, daß die Ozonierung mindestens ebensogut, wenn nicht besser, imstande ist, die in einem Wasser enthaltenen Krankheitskeime zu beseitigen, wie das mittels Chlorung und Sandfiltration erzielt wird. Ihr Nachteil besteht aber darin, daß die Ozonierungsanlage und Betrieb sehr teuer zu stehen kommt.

Um in bakteriologischer Beziehung einwandfreies Wasser herzustellen, wird deshalb neuerdings das Chlor benützt.

Das Chlor wirkt bei der Wassersterilisation nicht direkt, sondern indirekt. Bei der allmählichen Umsetzung des Chlorgases mit dem

Wasser entstehen Chlorwasserstoffsäure und unterchlorige Säure und deren Salze. Die unterchlorige Säure und ihre Salze zerfallen sehr leicht in Chlorwasserstoffsäure bzw. deren Salze und freien Sauerstoff. Es ist daher der Status naszens des Sauerstoffs, welcher die oxydierende bzw. abtötende Wirkung ausübt. Wenn somit der naszierende Sauerstoff das wirkende Agens ist, so sollte man annehmen, daß die im Wasser vorhandenen Keime fast momentan abgetötet werden müßten. Tatsächlich sterben auch die meisten Bakterien in kürzester Zeit ab, aber bei der geringen Chlormenge, die in Betracht kommt, und der starken Verdünnung ist mehr Zeit erforderlich. Der naszierende Sauerstoff wird sowohl durch leicht oxydierbare organische, als auch durch anorganische Substanzen gebunden. Es liegt somit die Gefahr vor, daß in wenig reinem Trinkwasser das eingebrachte Chlor für die Oxydation solcher Substanzen und nicht, oder nur zu einem kleinen Teil, zur Abtötung der Mikroorganismen verwendet wird. Ferner hängt der ganze Desinfektionseffekt von dem im Wasser vorhandenen, gelösten und in Form der Hypochlorite gebundenen Chlor ab. Mit dem Eintreten des Chlorschwundes im Wasser sinkt die desinfizierende Kraft der Chlorung; Keime, die noch nicht völlig abgetötet sind, können sich wieder vermehren, und das Wasser ist für eine Neuinfektion zugänglich.

Die Erfahrungen der letzten Jahrzehnte zeigten, daß sich die Chlorung nicht nur im kleinen, z. B. im Kriege und bei Expeditionen, vielfach bewährte, sondern auch im Dauerbetrieb der Wasserwerke. Besonders die Verwendung von Chlorgas hat die Methode vereinfacht, verbessert und verbilligt. Seine Bedeutung liegt also nicht nur in der Bekämpfung der durch das Wasser verschleppten Krankheitskeime, sondern auch in der Verbilligung des Wassers.

Gerade materielle Gründe werden viele Städte zwingen, von den kostspieligen Grundwasseranlagen abzusehen und dafür das billigere, chemisch entkeimte, Oberflächenwasser zu verwenden.

Zu einer wirksamen guten Chlorung ist die entsprechende Menge wirksamen Chlors und eine genügend lange Einwirkungsdauer notwendig; über die zur Desinfektion absolut erforderliche Dosis soll nicht hinausgegangen werden mit Rücksicht auf den schlechten Geschmack, den das Wasser annimmt. Im Bedarfsfalle aber muß er korrigiert werden.

Das Problem der Verwendung von Chlorgas zur Sterilisation von Trinkwasser ist aber noch keineswegs gelöst, besonders die intensive Geschmacksverschlechterung (Apothekengeschmack, Carbolgeschmack) läßt noch zu wünschen übrig. Auch ist die Sterilisation

mittels Chlorgas eben bis heute noch kein ganz sicher arbeitendes Verfahren, auch bei Verwendung moderner technischer Mittel. Dies zeigte das Beispiel von Hannover, wo trotz Chlorierung des Wassers in der Leitung Typhusbazillen auftraten, was wahrscheinlich darauf zurückzuführen war, daß die Chlorierung in dem Moment, wo die Typhusbazillen zusammen mit anderen organischen Stoffen in die Wasserleitung eintraten, eben wegen der Erhöhung der organischen Substanzen nicht mehr ausreichend war und deshalb unwirksam wurde und die Typhusbazillen nicht mehr abtötete.

Die oben erwähnten chemischen Mittel besitzen den Nachteil, daß sie fast alle dem sterilisierten Wasser einen unangenehmen Geschmack beigeben.

Alle diese Unannehmlichkeiten können vermieden werden dadurch, daß zur Sterilisation von Wasser ultraviolettes Licht verwendet wird.

Es ist eine bekannte Tatsache, daß Bakterien, die dem Sonnenlicht ausgesetzt sind, abgetötet werden. Der Gedanke lag darum nahe, daß auch im Wasser sich befindende Bakterien mittels Lichteinwirkung vernichtet werden können.

Die erste grundlegende Arbeit über Abtötung von Bakterien durch Licht ist die von Thiele und K. Wolf. In der Arbeit konnte besonders nachgewiesen werden, daß die bakterientötende Wirkung des Lichts auf seinem Gehalt an ultravioletten Strahlen beruht. Diese Strahlen liegen bei den verschiedenen Lichtarten verschieden; sie erstrecken sich beim Quecksilberdampflicht zwischen 360 bis 220 mm. Strahlen bis zu 300 mm gehen noch durchs Glas, kürzere nicht. Dagegen vermögen Strahlen von einer Wellenlänge zwischen 300 bis 200 mm ohne nennenswerten Verlust Quarz zu durchsetzen. Strahlen solcher Länge sind es aber gerade, die eine stark schädigende Wirkung auf das Protoplasma ausüben, sie stellen sozusagen ein Protoplasmagift dar. Diese Wirkung ist so stark, daß nicht nur Bakterien, sondern auch ihre Dauerform, die Sporen, in kürzester Zeit abgetötet werden.

Während Thiele und Wolf in ihrer Arbeit nachwiesen, daß die ultravioletten Strahlen Bakterien in 7,5 Minuten abtöten, wies Fräulein Öhlschlägel unter Innehaltung der Thiele und Wolfschen Versuchsanordnung nach, daß sogar die Bakteriensporen schon nach 3 Miunten der strahlenden Energie erliegen. Thiele und Wolf sind sogar der Ansicht, daß Bakterien durch ultraviolette Strahlen nahezu momentan abgetötet werden. Es läßt sich das aber nicht nachweisen, weil in der Versuchsanordnung eine ganze Reihe von Umständen vorhanden sind, durch die einzelne Keime vor den Strahlen zeitweilig geschützt werden.

Weil die ultravioletten Strahlen momentan abzutöten vermögen, so stellen sie im Grunde genommen ein ideales Wassersterilisationsmittel dar. Aber bei ihrer Anwendung ist eine Forderung immer zu erfüllen: das Medium, in welchem sich die Bakterien befinden, muß absolut klar sein. Schon die geringste Trübung, wie sie durch Beschattung eines Keimes durch den andern möglich ist, rettet den beschatteten Keim vor dem Untergang, denn die ultravioletten Strahlen werden überaus leicht von trübenden und färbenden, noch leichter von kolloidalen Substanzen absorbiert. Nährbouillon und Gelatine ist für kurzwellige Strahlen nur sehr wenig, dagegen physiologische Kochsalzlösung und Bouillon in Verdünnung von $^1/_{1000}$ und darüber für sie sehr gut durchlässig. Anderseits wurde festgestell, daß Bakterien in diesen Lösungen nicht geschädigt werden, wie das geschehen würde, wenn zum Beispiel chemisch reines Wasser als Aufschwemmungsmittel genommen worden wäre und daß in getrübten Bakterienaufschwemmungen ultraviolette Strahlen nur sehr wenig tief eindringen.

Bei der Trinkwassersterilisierung mit ultravioletten Strahlen im großen sind noch viele technische Schwierigkeiten vorhanden, die wohl nur sehr schwer zu beseitigen sein werden.

All die uns bekannten Methoden der Wassersterilisation befriedigen nicht ganz und man sucht daher noch immer nach besseren, billigeren und rascher arbeitenden.

Der Franzose Bunau-Varilla hat ein neues Verfahren beschrieben, welches er während des letzten Krieges bei der Versorgung der französischen Truppen vor Verdun ausprobiert und das sich sehr gut bewährt hat, so gut, daß er es nach dem Kriege in mehreren französischen Städten, so zum Beispiel Reims, Carcassonne, Sables-d'Olonne und Compiègne eingeführt hatte. Er beschrieb das Prinzip der Entkeimung folgendermaßen: »Wenn man in eine bakterienhaltige Flüssigkeit eine sehr stark verdünnte Lösung eines Oxydationsmittels einführt, das mit den außer den Bakterien in der Aufschwemmung noch vorhandenen organischen Substanzen reagieren kann, so erzeugen die eintretenden chemischen Umsetzungen eine Art von ultravioletten Strahlen, die alle Bakterien in dem gegebenen Medium vernichten. Im Gegensatz zu der bisher üblichen Wasserdesinfektion mit überschüssigem Chlor *(Cl_2)* verschwinden die Bakterien vollständig und momentan, auch bei Anwendung von $^1/_{80}$ mg Chlor in einem Liter, wodurch höchstens 8 Prozent der vorhandenen organischen Substanzen oxydiert werden können.« Er hat es vor Verdun ohne nähere Kenntnis der theoretischen Grundlagen nur praktisch ausprobiert, dann aber nach dem

Kriege hat er die Richtigkeit seiner Hypothese auf Grund von Laboratoriumsversuchen die von Téchoneyres und Blane ausgeführt wurden, beweisen können.

Diese Arbeit ist unter dem Titel: »Stérilisation des eux potables par autojavellisation, système Bunau-Varilla (Sterilisation von Trinkwassern durch Auto-Javellisation nach dem System Bunau-Varilla), in dem Paris médical, 15. Jahrg. Nr. 30 S. 84 ff 1925, erschienen. Leider ist es mir nicht gelungen, trotz eifriger Bemühungen seitens der hiesigen Universitätsbibliothek diese Zeitschrift zu bekommen, um den Originalartikel lesen zu können. So mußte ich mich, was die Versuchsanordnung anbetrifft, auf die Angaben des mir zur Verfügung stehenden Referats stützen. Dieses Referat erschien in dem Zentralblatt für Bakteriologie Bd. 88 Ab. I s. 183 ff. Darin wird die Versuchsanordnung folgendermaßen beschrieben: »Die dünne Chlorlösung wurde in Quarzgläser eingeschlossen und wirkte durch die ausgesandten Strahlen bakterientötend; die entkeimende Wirkung zeigte sich sofort und völlig unabhängig von der Zahl der Bakterien. Das desinfizierte Wasser besitzt selbst noch eine antiseptische Kraft, die imstande war, innerhalb drei Stunden bis zu 300 frisch in das Wasser gebrachte Colibazillen zu töten. Wegen der günstigen Ergebnisse ist das Verfahren in verschiedenen Städten (Reims, Carcassonne, Sables-d'Olonne und Compiègne) mit bestem Erfolg zur Trinkwassersterilisierung im großen eingeführt worden.

Wenn diese Methode tatsächlich das leisten würde, was der Autor hier sagt, würde sie eine ganz ausgezeichnete Art der Trinkwassersterilisierung darstellen; denn man würde praktisch genommen, dasselbe erreichen, wie mit der aus den oben angeführten Gründen doch wenig ratsamen Sterilisierung mit ultravioletten Strahlen. Deshalb erschien es der Mühe wert, diese Methode im Laboratoriumsversuch nachzuprüfen.

Bei meinen Versuchen habe ich mich genau an die Beschreibung der Versuchsanordnung von Téchoneyres und Blanc gehalten.

Als Testobjekt wurden bei den Versuchen Bakterium Coli communae und Bakterium Typhi verwendet. Es wurden Stämme aus der Sammlung des hiesigen hygienischen Instituts benützt und zu jedem Versuch eine 24stündige Agarkultur gezüchtet.

Die Bakterienaufschwemmung wurde in folgender Weise hergestellt: Von dem auf der Oberfläche des schrägerstarten Agarröhrchen aufgegangenen Rasen wurde eine Normalöse voll in ein Reagensglas mit 10 ccm Leitungswasser eingebracht und diese Auf-

schwemmung so stark verdünnt, daß sie, gegen das Fenster oder einen dunklen Hintergrund gehalten, eben noch ganz leicht getrübt erschien. Von dieser Aufschwemmung wurden 0,1 bis 0,5 ccm in 40 ccm Wasser in ein weites Reagensglas eingebracht.

Die zum Versuch verwendete Aufschwemmung war auf diese Weise absolut klar, so klar, daß sie nach den vorliegenden Erfahrungen mit den von einer Quarzlampe erzeugten ultravioletten Strahlen in kürzester Zeit sterilisiert worden wäre.

Sie enthielt bei jedem Versuch eine Anzahl von Keimen. wie sie bei Oberflächenwasser vorkommen kann.

Die bei den Versuchen gebrauchte Chlorlösung wurde immer frisch von dem hiesigen chemischen Institut bezogen, wo sie durch Einleitung von Chlorgas in Aqua dest. hergestellt wurde. Diese Chlorlösung wurde vor jedem Versuch austitriert und dann die zum Versuch gewünschte Verdünnung hergestellt. Die Verdünnung variierte bei den einzelnen Versuchen zwischen 0,05% bis 0,6%.

Die Titrierung der Chorlösung geschah folgendermaßen: Es wurde mittels einer $^1/_{10}$%igen n. Natr. Thiosulfatlösung das freie Jod bestimmt, das von dem Chlor des Chlorwassers aus einer Jodkalilösung freigemacht wurde unter Verwendung von Stärkelösung als Indikator.

Die so hergestellte Chlorlösung wurde in ein kleines Reagensglas aus Quarz eingeschlossen. Letzteres wurde vor jedem Versuch sorgfältig gereinigt, um die eventuell angesetzten Kalksalze aus der Leitungswasseraufschwemmung zu beseitigen, die sonst den Durchtritt der ultravioletten Strahlen durch das Quarzglas verhindert hätte.

Die Versuchsanordnung zur Sterilisierung des mit den Keimen beschickten Leitungswassers war folgende: In das weite Reagensglas mit der Aufschwemmung wurde das enge Quarzglas mit der stark verdünnten Chlorlösung versenkt, worauf die nach Angabe des Autors aus der Chlorlösung sich entwickelnden ultravioletten Strahlen auf die Aufschwemmung einwirken konnten.

Nach den Versuchen von T è c h o n e y r e s und B l a n c soll die entkeimende Wirkung sofort eintreten. Wir entnehmen daher von je Sekunden bis zu einer halben Minute Proben, welche zur Feststellung der Keimzahl (vor und nach der Einwirkung der Chlorlösung) in Petrischalen gebracht, mit flüssigem Agar übergossen, gut verteilt, in den Brutschrank gestellt und nach 24 Stunden ausgezählt wurden.

Da aber bei unseren Versuchen eine sofortige Wirkung sich nicht einstellte, ja nicht einmal eine Verminderung der Keimzahl fest-

gestellt werden konnte, ließen wir die Chlorlösung zunächst 2 Minuten einwirken. Das Ergebnis war auch dann noch negativ. Wir verlängerten daher die Einwirkungsdauer nach und nach von 2 Minuten bis zu einer Stunde. dann auf 2 Stunden. Auch noch nach 2 Stunden fanden sich Keime in der Aufschwemmung. Erst, wenn wir nach 24 Stunden nochmals nachsahen, waren in den meisten Versuchen die Keime verschwunden.

Die oben beschriebenen Versuche wurden zuerst mit dem Bact. coli communae und dann mit Bact. typhi angestellt.

Bei beiden Versuchsreihen trat, wie aus den Tabellen I und II zu ersehen ist, eine entkeimende Wirkung nicht sofort auf, was auch nicht nach 2 Stunden zu erreichen war. Bei den Versuchen mit Bacterium Coli erreichen wir nicht einmal Keimverminderung in dieser Zeit. Um aber ganz sicher zu gehen, setzten wir die an und für sich in einem Oberflächenwasser nicht ungewöhnlich hohen Zahlen von etwa 3000 bis 8000 Keime herab, bei Bact. typhi sogar bis auf 70. Auch dann war nach 2 Stunden eine Verminderung im Sterilisierungsversuch nicht zu erzielen. Und so gelangten wir zu der Annahme, daß sich aus der Chlorlösung überhaupt keine Art von ultravioletten Strahlen entwickeln, die nach dem Verfahren von Bunau-Varilla die Bakterien angeblich abtöten sollen.

Wenn aber tatsächlich von der Chlorlösung ultraviolette Strahlen ausgingen, dann müßte ihre Wirkung auch mit der Methode, welche der Physiker zu ihrem Nachweis benützt, sichtbar gemacht werden können. Es ist dies die Eigenschaft, die photographische Platte an der Stelle ihrer Einwirkung zu schwärzen.

Deshalb stellten wir solche Versuche in der Dunkelkammer an. Wir gingen dabei folgendermaßen vor: Zuerst wurde das Quarzglas mit der Chlorlösung einfach vor eine photographische Platte gestellt; bei weiteren Versuchen wurde links und rechts vom Quarzglas mit der Chlorlösung je eine Platte aus gewöhnlichem Glas und vor das Quarzglas die photographische Platte aufgestellt. Dadurch hätten die etwa schräg auf die Platte auffallenden und deshalb vielleicht nicht so gut wirksamen ultravioletten Strahlen abgeblendet werden und es hätte auf der photographischen Platte ein schmales geschwärztes Band entstehen müssen. So ließen wir die angeblich aus der Chlorlösung zur Entwicklung kommenden ultravioletten Strahlen 1 bis 1½ Stunden auf die photographischen Platten einwirken. Die darauf entwickelten Platten zeigten aber nicht die geringste Schwärzung, also keinerlei Spuren einer Einwirkung von ultravioletten Strahlen oder eines sonstigen die photographische Platte beeinflussenden physikalisch-chemischen Pro-

zesses. Somit führt das auf diesem Wege erhaltene Ergebnis zu einer Ablehnung der Theorie von Bunau-Varilla.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß alle von uns angestellten Versuche, Wasser, welches das Bact. coli communae und das Bact. typhi enthielt, mit der Methode von Bunau-Varilla keimfrei zu machen, mißlungen sind. Nur in einigen Versuchen war eine geringe Verminderung der Keime nach 24 Stunden festzustellen. Dieses Ergebnis ist aber für die Praxis wertlos, weil die Abtötung in kürzester Frist erfolgen muß.

Die geringe Verminderung der Zahl der Keime (besonders bei den Versuchen mit Typhus) resp. deren teilweise Abtötung, ist nicht auf die abtötende Wirkung der Chlorlösung und der daraus sich angeblich nach dem Verfahren von Bunau-Varilla sich entwickelten ultravioletten Strahlen zurückzuführen, sondern auf die ungünstigen Lebensbedingungen im reinen Wasser, in denen die meisten Bakterien entweder völlig absterben oder so geschädigt werden, daß sie nachher auf der Agarplatte sich nicht mehr vermehren. Dies geht aus unseren Versuchen ohne Chlorlösung hervor, d. h. die Aufschwemmung würde aufbewahrt, ohne daß die Chlorlösung darauf einwirkte. Dabei haben wir dasselbe Ergebnis wie mit Chlorlösung.

Wir sind daher der Überzeugung, daß mit dem Verfahren nach Bunau-Varilla Wasser nicht keimfrei gemacht werden, und somit dieses Verfahren für die Praxis nicht in Frage kommen kann. Die Verwendung im großen bei der Trinkwasserversorgung verschiedener großer Städte erscheint uns deshalb als äußerst bedenklich.

Zum Schlusse ist es mir eine angenehme Pflicht, Herrn Professor Dr. K. Wolf für die Überlassung des Themas und für die gütige Unterstützung bei der Ausarbeitung desselben ergebenst zu danken.

Tabelle I

Zahl der Versuche	Art der Bakterien	Stärke der Chlorlösung	Zahl der Keime in der Aufschwemmung in ccm								
			Vor Einwirkung der Chlorlösung	Nach Einwirkung der Chlorlösung in Minuten							Stunden
				2	4	10	20	30	45	60	2	24
1.	Bact. Coli comm.	0,05%	5409	6045	6809	5791	5600	4327	5409	4549	—	—
2.		0,05%	954	—	1336	445	1272	1300	1280	945	keine	keine
3.	„	0,15%	5218	3563	4709	2672	4200	4856	5536	4620	4450	145
4.	„	0,2 %	4300	3940	3770	4280	4190	3920	4030	3800	—	—
5.	„	0,06%	11709	8340	9100	7827	8945	8266	9418	8520	7254	254
6.	„	keine	11709	—	—	—	—	—	—	6745	6800	2880
7.	„	0,25%	2347	2474	2455	—	2347	2156	2060	2169	—	—
8.	„	0,3 %	8018	7000	6878	6427	7720	6840	6900	6154	—	—
9.	„	0,32%	1018	—	977	1081	892	763	1272	870	725	72
10.	„	0,35%	840	850	870	780	980	800	850	760	720	—
11.	„	0,4 %	3945	3600	4072	4391	5015	6364	2284	2112	2090	509
12.	„	keine	3945	—	—	—	—	—	—	—	2318	818
13.	„	0,4 %	250	250	430	170	200	210	220	200	—	—
14.	„	0,45%	1209	1081	1230	1005	1172	954	1081	863	840	54
15.	„	keine	1209	—	—	—	—	—	—	—	706	101
16.	„	0,43%	954	763	760	826	636	687	572	652	—	—
17.	„	0,45%	1300	1081	1527	1654	1836	1270	1654	1386	954	—
18.	„	0,45%	220	165	170	190	146	125	205	132	—	—
19.	„	0,5 %	390	380	330	300	290	210	160	130	300	—
20.	„	0,6 %	300	240	190	120	110	120	100	140	—	—

Literaturangabe

1. Gärtner, Aug.: Die Hygiene des Wassers. Verl. v. Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig 1915.
2. König, D. J.: Die Verunreinigung der Gewässer. 1. Bd. S. 102 ff. Verl. Springer, Berlin 1899.
3. Gärtner, A.: Über den gegenwärtigen Stand der neuen Methode zur Sterilisierung von Trinkwasser. Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung. LXI. Jahrg. 1913. S. 781—813. Verl. Oldenburg, München, Berlin.
4. Uhlsamer, O.: Die Chlorung des Trink- und Abwassers. Ergebnisse d. Hyg. u. Bakt. Immunit. for. u. experim. Therapie. Bd. 8, S. 660 ff. Verl. J. Springer, Berlin 1926.

Tabelle II

Zahl der Versuche	Art der Bakterien	Stärke der Chlorlösung	Zahl der Keime in der Aufschwemmung in ccm: Vor Einwirkung der Chlorlösung	Nach Einwirkung der Chlorlösung in Minuten: 2	4	10	20	30	45	60	Stunden: 24
1.	Bact.	0,2 %	1128	1287	1265	1034	1155	847	1032	466	—
2.	typhi	keine	1128	—	—	—	—	—	—	455	—
3.	„	0,25 %	740	550	570	470	200	340	200	170	keine
4.	„	keine	740	—	—	—	—	—	—	560	keine
5.	„	0,3 %	120	130	100	120	60	100	100	20	—
6.	„	0,35 %	1400	1209	1272	809	1209	636	80	50	—
7.	„	0,4 %	8018	8775	8393	6045	3882	2474	210	keine	keine
8.	„	0,45 %	800	360	660	550	670	600	430	430	keine
9.	„	keine	800	—	—	—	—	—	—	470	keine
10.	„	0,48 %	7764	7318	9055	8329	9546	7636	5218	4518	keine
11.	„	0,5 %	70	100	60	90	110	150	130	70	keine
12.	„	keine	70	—	—	—	—	—	—	80	keine

Literaturangabe

5. Ballner, Franz: Weitere Beiträge zur Gewinnung von keimfreiem Trinkwasser durch Zusatz von Chlor. Archiv für Hygiene 48. Bd. S. 140 ff. Verl. Oldenburg, München, Berlin.

6. Engels: Weitere Studien über die Sterilisation von Trinkwasser auf chemischem Wege. Centralblatt für Bakteriologie I. Abt. Bd. XXXII. S. 495 ff. Verl. G. Fischer, Jena 1902.

7. Antonowsky, A. J.: Zur Frage der Desinfektion von Trinkwasser mittels minimaler Chlorlösungen. Zeitschr. f. Hygiene und Infektionskrankheiten. Bd. 72. S. 421 ff.

8. Bunau-Varilla, Philippe: Die „Verdunisierung" der Wässer oder die unmerkliche Selbstchlorung. Centralblatt f. Bakteriologie, Para-

sitenkunde und Infektionskrankheiten. Bd. 88. I. Abt. S. 183 ff. Verl. G. Fischer, Jena 1928, und Chemisches Centralblatt Bd. I, S. 2678 ff.

9. Bruns, H.: Die Desinfektion des Trinkwassers mit Chlor. Das Gas- und Wasserfach. 45. Heft. 65. Jahrg. S. 174 ff.

10. Bunau-Varilla, Philippe: La verdunisation des eaux ou autojavellisation imperceptible. Revue scintique 65 année p. 167 etc. Paris 1927.

11. Thiele, H. und Wolf, K.: Über die Abtötung von Bakterien durch Licht. Archiv für Hygiene 57. Bd. S. 29 ff.

12. Öhlschlägel, Lotte: Über Abtötung von Bakteriensporen durch Licht. Archiv für Hygiene 91. Bd.

Lebenslauf

Geboren wurde ich, Adolf Klein, am 10. Januar 1895 als Sohn des Kaufmanns Adolf Klein und dessen Ehefrau Maria, geb. Hermann, in Mariental a. d. Wolga.

Im Mai 1916 absolvierte ich die achtklassige Kommerzschule zu Saratow und im Oktober desselben Jahres nahm ich mein medizinisches Studium an der Universität zu Saratow auf. Das Studium mußte ich mehrmals infolge der Revolution und des Bürgerkriegs in Rußland unterbrechen. Erst im Herbst 1922 konnte ich es wieder aufnehmen. Zwei vorklinische Semester verbrachte ich in Berlin, die übrigen in Tübingen, wo ich im Herbst 1924 das Physikum und im Wintersemester 1927/28 das medizinische Staatsexamen ablegte.

Seit April 1928 bin ich als Medizinalpraktikant in der Medizinischen Poliklinik in Tübingen tätig.